

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

MAESTRÍA EN REDES DE COMUNICACIÓN

INFORME FINAL CASO DE ESTUDIO PARA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL

TEMA:

“ESTUDIO Y ANÁLISIS DE TRÁFICO DE RED LOCAL DEL IAEN PARA EL CORRECTO
DIMENSIONAMIENTO DE ENLACES Y ANCHO DE BANDA EN EL IAEN 2016”

AUTOR:

Ing. Segundo Agustín Escobar Cushicóndor

DIRECTOR: Gustavo Xavier Chafra Altamirano, PhD

Quito – 2017

AUTORÍA

Yo, Segundo Agustín Escobar Cushicóndor, portador de la cédula de identidad No.1711688810, expreso bajo juramento que el actual caso de estudio e investigación es de mi autoría en su totalidad, y que se ha considerado las diferentes fuentes de información para las citas correspondientes. Este caso de estudio e investigación no contiene plagio alguno y es resultado de un trabajo serio desarrollado en su totalidad por mi persona.

Ing. Segundo Agustín Escobar Cushicóndor

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
JUSTIFICACIÓN	2
ANTECEDENTES	4
OBJETIVOS	5
OBJETIVO GENERAL	5
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
1. DESARROLLO CASO DE ESTUDIO	6
1.1 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE RED DE DATOS EN EL IAEN	6
1.2 INFRAESTRUCTURA DE RED CONFORMADA POR EQUIPOS DE COMUNICACIÓN EN 2016	7
1.2.1 Esquema de red del IAEN	7
1.2.2 Detalle de equipos informáticos utilizados por personal del IAEN	8
1.2.3 Dimensionamiento de enlace del IAEN en 2016	10
1.2.4 Diagrama del esquema lógico de red	11
1.2.4.1 Red clase C	11
2. MANERA DE DETERMINAR EL TRÁFICO EN LOS DIFERENTES SERVICIOS	12
2.1 SERVICIO DE INTERNET	13
2.2 SERVICIO DE TELEFONÍA VOIP	18
2.2.1 Ancho de banda para telefonía VoIP	21
2.3 ANCHO DE BANDA PARA PLATAFORMAS VIRTUALES	25
2.4 ANCHO DE BANDA PARA SISTEMA SIAAD	34
2.4.1 Ancho de banda del tráfico total y de forma global	43
3. ANÁLISIS DE COSTE Y SU FACTIBILIDAD	45
3.1 FACTIBILIDAD OPERACIONAL	45
3.2 FACTIBILIDAD TÉCNICA.	46
3.3 FACTIBILIDAD ECONÓMICA.	46
3.4 COSTE DEL PROYECTO	46
4. PROPUESTA PARA EL ADECUADO Y CORRECTO DIMENSIONAMIENTO DE ANCHO DE BANDA Y ENLACES ACORDE A LOS PARÁMETROS DETERMINADOS.	51
4.1 EQUIPOS DE NETWORKING PROPUESTOS	51

4.2	PROPUESTA DE UN NUEVO ESQUEMA DE RED	52
4.3	DIMENSIONAMIENTO DE ENLACE DEL IAEN EN 2017	53
4.4	PRE-REQUISITOS DE INSTALACIÓN	53
4.5	ASEGURAMIENTO DE LA RED Y FRONTERA DE CONFIANZA	54
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54
6.	BIBLIOGRAFÍA	56
7.	ANEXOS TABLAS	57

TABLAS

TABLA. 1 EQUIPOS DE NETWORKING DE COMUNICACIONES EN 2016	7
TABLA. 2 EQUIPOS INFORMÁTICOS COMPUTACIONALES EN 2016	9
TABLA. 3 RESUMEN DE EQUIPOS INFORMÁTICOS COMPUTACIONALES	9
TABLA. 4 RESUMEN DE EQUIPOS INFORMÁTICOS DE TELEFONÍA	10
TABLA. 5 DETALLE DE DIMENSIONAMIENTO DEL ENLACE DE COMUNICACIONES EN EL IAEN	10
TABLA. 6 ANÁLISIS DE PARÁMETROS DE LA NORMA ETSI EG 202 057-4 PARA ESTIMAR EL ANCHO DE BANDA EN INTERNET	12
TABLA. 7 RECURSOS ESPECÍFICOS PARA INTERNET EN EL IAEN	13
TABLA. 8 TRÁFICO DE ARCHIVOS GENERADOS POR LOS FUNCIONARIOS DEL IAEN	14
TABLA. 9 DETERMINACIÓN DE FACTOR DE USO PARA COMPUTADORES PC Y LAPTOPS	16
TABLA. 10 ANCHO DE BANDA NECESARIO EN LA RED FIJA PARA EL PISO DE SUBSUELO	17
TABLA. 11 ANCHO DE BANDA NECESARIO EN LA RED INALÁMBRICA PARA EL PISO DE SUBSUELO	18
TABLA. 12 PARÁMETROS SEGÚN LA NORMA ETSI EG 202 057-4 DE TELEFONÍA IP	19
TABLA. 13 MUESTRA CODECS DE BANDA ANCHA QUE SE REQUIERE PARA UNA TRANSMISIÓN SOBRE ETHERNET, CON LOS RESPECTIVOS TAMAÑOS DE CARGA ÚTIL DE VOZ	20
TABLA. 14 EL TIPO DE CALIDAD POR CÓDEC	22
TABLA. 15 EQUIPOS DE TELEFONÍA VOIP A CONECTARSE SIMULTÁNEAMENTE	23
TABLA. 16 PARÁMETROS Y NORMATIVA ETSI EG 202 057-4 PARA PLATAFORMA VIRTUAL	27
TABLA. 17 REQUERIMIENTO DE PLATAFORMA VIRTUAL	29
TABLA. 18 NORMATIVA DE ETSI EG 202 057-4	37
TABLA. 19 RESUMEN DE USUARIOS CONCURRENTES EN REDES FIJA E INALÁMBRICA	42
TABLA. 20 DETERMINACIÓN DE TRÁFICO TOTAL EN RED FIJA	43
TABLA. 21 DETERMINACIÓN DE TRÁFICO TOTAL EN RED INALÁMBRICA	44
TABLA. 22 TRÁFICO DE INTERNET POR USUARIOS TOTALES Y OTROS SERVICIOS DEPENDIENDO DE LA CALIDAD.	45
TABLA. 23 PAGO DE FACTURA DE ADQUISICIÓN DE EQUIPOS DE NETWORKING	47
TABLA. 24 PAGO DE FACTURA DE INSTALACIÓN Y FUSIÓN DE FIBRA ÓPTICA	48

TABLA. 25 PAGO DE FACTURA DE ADQUISICIÓN DE EQUIPO FIREWALL CHECK POINT.	49
TABLA. 26 CUADRO DE RESUMEN DE COSTE TOTAL DEL PROYECTO	50
TABLA. 27 EQUIPOS DE NETWORKING DE COMUNICACIONES EN 2017	51
TABLA. 28 DETALLE DE DIMENSIONAMIENTO DEL ENLACE DE COMUNICACIONES EN EL IAEN	53

FIGURAS

FIGURA 1 DIAGRAMA DE RED LAN DEL IAEN EN 2016 8

FIGURA 2 FORMATO DE TRAMA ETHERNET EN UNA ETIQUETA VLAN ESTÁNDAR 802.1Q
11

FIGURA 3 ANCHO DE BANDA DE CÓDEC G.722 19

FIGURA 4 PLATAFORMA DE CAMPUS VIRTUAL IAEN 26

FIGURA 5 PLATAFORMA DE EDUCACIÓN VIRTUAL DEL IAEN 26

FIGURA 6 INGRESO AL SISTEMA SIAAD DEL IAEN 35

FIGURA 7 MÓDULOS DE SISTEMA SIAAD 36

FIGURA 8: INFRAESTRUCTURA DE UNA NUEVA RED PROPUESTA 52

Introducción

Esta investigación presenta, como un estudio de caso, el análisis del tráfico de datos a través de enlaces y por medio de navegación en Internet, de una institución pública como es el Instituto de Altos Estudios Nacionales (IAEN), la Universidad de Posgrado del Estado domiciliada en la ciudad de Quito, Av. Amazonas N37-271 y Villa lengua, en el periodo, enero-abril 2016.

En la actualidad, la información del IAEN llega desde y hacia varias fuentes y en diferentes formas. Esto trae como implicación la búsqueda de una mejora de la red y de sus medios de transmisión finales. La red de datos institucional ha tenido un incremento significativo generado por nuevas formas de transmisión de la información a toda la comunidad universitaria. En la actualidad, el IAEN trabaja para mejorar sus procesos y su capacidad en la prestación de sus servicios, mediante equipos tecnológicos de punta que aportan al mejoramiento de la calidad en la educación de nivel superior que el IAEN brinda al país. Razón por la cual se deben adoptar soluciones relacionadas con Internet, y ancho de banda requeridas, mediante el análisis previo de tráfico de red, para realizar un correcto y adecuado dimensionamiento que soporte la infraestructura actual de la red de datos, se ha visto congestionada, debido a un incremento en el tráfico a través de la misma, esto debido al uso y manejo de nuevas plataformas tanto institucionales como externas.

La primera parte de este estudio de caso de la maestría en redes de comunicación aborda el “estudio y análisis de tráfico de red local del IAEN para el correcto dimensionamiento de enlaces y ancho de banda en 2016”. Luego se pasa a describir la justificación. En la segunda parte, se señalan los objetivos, un índice tentativo de la estructura del estudio de caso y finalmente se propone un cronograma de desarrollo de la investigación. Es importante indicar que la bibliografía de este documento está sólidamente sustentada.

Esta información fue recopilada mediante encuestas al personal (administrativo, autoridades, estudiantes, profesores), a los estudiantes durante las evaluaciones de fin de semestre se realizan cinco preguntas, mediante un formulario, dentro de las cuales hay una pregunta que hace referencia al servicio de internet y dice: “¿Qué otros aspectos institucionales deberían mejorarse?”, como respuesta se ha obtenido lo siguiente “El Internet inalámbrico es pésimo. Debe dotarse de routers inalámbricos de mayor alcance o en su defecto dotar de uno por aula”, de un 100% de respuestas como estas han sido cerca del 55%, con una muestra de 467 estudiantes en 2016.

Justificación

En el año 2016, dentro de la red de datos del IAEN, se detectaron inconvenientes que causaban retardo en el tráfico y un aumento de latencia en la transmisión de datos, esto se debe a una alta concurrencia a los distintos servicios institucionales, que frecuentemente realizan los funcionarios y estudiantes que, por diferentes razones y circunstancias,

permanecen conectados a la red del IAEN; estos funcionarios en número aproximado de 150 personas para ese entonces y un número estudiantes cercanos a los 500 alumnos, con un enlace de datos de 20 MB, poseían acceso a Internet y aplicaciones desarrolladas por la Dirección de Innovación Tecnológica (DIT), situación que hace que en ciertos momentos la red de datos se sature y la transmisión de datos se torne crítica.

Teniendo este escenario como situación compleja, se cree pertinente levantar información de la infraestructura de red actual, para analizar el tráfico que se genera a nivel de enlaces (UIT 2007), identificando todo tipo de dato que circula a través de la red en volumen de tráfico, cantidad de colisiones y Ancho de banda utilizado.

En concordancia con el propósito de esta investigación también está dirigida a analizar el tráfico en los servicios de Internet, telefonía IP, plataformas virtuales, sistema académico y administrativo (SIAAD) de la red local, usando herramientas de monitoreo de red de datos (Maxwell, 2001, p. 475), las herramientas a utilizarse serán mediante software cacti (Creative Commons, 2013) y hardware exindia (segmentador de ancho de banda), las cuales permitirán evidenciar de manera sistemática la situación que se ha venido presentando en la institución como objeto de estudio.

Se contemplará dentro de este estudio de caso, un análisis de coste y su factibilidad para el correcto dimensionamiento de la infraestructura de red local, como consecuencia del análisis y el estudio de caso. Además, se propone un adecuado y correcto dimensionamiento de enlaces y ancho de banda acorde los parámetros determinados, que garanticen el acceso a los servicios.

Pregunta de investigación: ¿Cuál es el estado actual del tráfico de red local del IAEN para el correcto dimensionamiento de enlaces, y la determinación adecuada del ancho de banda requerido para la navegación en Internet? Esta pregunta de investigación se desagrega en otras múltiples cuestiones, a modo de ejemplo: ¿por qué analizar el tráfico?, ¿en qué nivel de capa se realiza el análisis?, ¿qué cantidad de tráfico y tasa de transferencia existe?

Antecedentes

Para conocer la realidad del IAEN en temas tecnológicos, y de infraestructura de red local que problematizan los servicios que ofrece la DIT, es necesario que se realice un estudio para determinar o detectar las posibles causas, que impiden un fluido tráfico de datos a través de la red LAN.

Este estudio de caso hace referencia al análisis del tráfico de red de datos en el Instituto de Altos Estudios Nacionales (IAEN), de Ecuador. Este tipo de análisis, de la información recogida, no ha sido efectuada por esta institución por diferentes motivos desde la creación de la Dirección de Innovación Tecnológica (DIT) —en el año 2009— desde la construcción del Centro de Datos. Por tal razón, se considera pertinente llevar a cabo el análisis y estudio del tráfico red de datos desde tres puntos de vista:

Metodológico: desde este ámbito el desarrollo del estudio de caso ofrece abordar el problema de manera sistemática, considerando desde el análisis situacional hasta el establecimiento de una propuesta que admita una mejora en la red de datos institucional.

Práctico: la determinación de disposición y adaptabilidad que tiene el IAEN, para facilitar al investigador que estudie aspectos relacionados con el mejoramiento de la red de datos y servicios tecnológicos.

Teórico: ya que, del análisis de los resultados obtenidos del tráfico de la red de datos, se pueda proceder con la toma de decisiones por parte del DIT. Los datos aportarán de forma significativa e indicarán perspectivas hacia una administración más eficaz de la red de datos.

Es importante tener en cuenta que el tráfico de la red institucional, es generado por los servicios de Internet, VoIP, datos y sistemas computacionales, los cuales transitan por la red LAN. Esto ocasiona en determinados momentos congestión, lo que genera malestar por parte de los usuarios, de estos servicios.

Es fundamental para cualquier institución, pública o privada, disponer de un medio que garantice y facilite una comunicación rápida y oportuna hacia los servicios antes mencionados, con el único propósito de proveer datos de una manera fiable y así manejar los recursos de la red de forma eficiente; además de aportar en beneficio como seguridad y ahorro de tiempo a todos los usuarios que hacen uso de los servicios mediante las aplicaciones en el IAEN.

Objetivos

Objetivo General

Estudiar y analizar el tráfico de red del Instituto de Altos Estudios Nacionales (IAEN) para dimensionar los enlaces y el ancho de banda requerido para que esta institución mejore los servicios tecnológicos que brinda a la comunidad universitaria en el año 2016.

Objetivos Específicos

1. Obtener información actualizada de la infraestructura y la red de datos en el IAEN.
2. Obtener una mejora de la velocidad del tráfico de la información en los servicios de Internet, telefonía IP, plataformas virtuales, Sistema SIAAD.

3. Mejorar la infraestructura de red del IAEN, mediante el análisis de coste y su factibilidad.
4. Realizar estudio para el cambio de medios de transmisión, realizando un adecuado dimensionamiento de enlaces y ancho de banda acorde a los parámetros determinados que garantice el acceso a los servicios.

1. Desarrollo Caso de Estudio

Para este caso de estudio referente al tráfico de la red LAN interna, se trató dentro de cuatro apartados relacionados a cada uno de los objetivos específicos. El primer apartado trata del levantamiento de información de la infraestructura de la red que tenía el IAEN en el 2016, conjuntamente con el medio de transmisión que servía de comunicación entre los equipos de Networking.

En el apartado dos se determina la manera de calcular el ancho de banda para cada servicio (internet, telefonía VoIP, plataforma virtual, sistema SIAAD) que ofrece la DIT, tomando como ejemplo el piso de subsuelo de la institución.

El apartado tres hace referencia a un análisis de coste y su factibilidad, para poder llevar a cabo una propuesta, en el mejoramiento del tráfico de la red, presentada por el autor de este documento (Educación Virtual IAEN, 2013).

Finalmente, el apartado cuatro contiene la propuesta para llevar a cabo la implementación y ejecución de un proyecto, que determine el correcto dimensionamiento del ancho de banda y una mejora en el medio de transmisión entre los equipos activos de comunicación.

1.1 Levantamiento de información de la infraestructura de red de datos en el IAEN

El IAEN respalda a la Dirección de Innovación Tecnológica (DIT), la que es encargada de dotar las herramientas y servicios tecnológicos necesarios para su eficiente desempeño. La DIT está encargada de gestionar, organizar y administrar la red de datos. Esta red está basada en el diseño jerárquico de 3 capas (Doherty et al., 2009, p. 111), bajo estándares internacionales 802.X de la IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos), TIA (Asociación de la Industria de Telecomunicaciones); además del EIA (Asociación de la Industria Electrónica) 568/569, con el objetivo de fomentar la optimización de los recursos y minimizar inconvenientes que muchas veces son impredecibles (Simmons, A, 2016).

1.2 Infraestructura de red conformada por equipos de comunicación en 2016

El IAEN en 2016 contaba con una sola infraestructura de red de datos con topología estrella; sus equipos de networking en su gran mayoría eran CISCO configurables, y otros equipos

DLINK, HP, no configurables; por tanto, no administrables con relación a switches, que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla. 1 Equipos de networking de comunicaciones en 2016

Descripción de Equipo	Marca de Equipo	Modelo de Equipo	Imagen de Equipo
Medio de Transmisión			
Siwtch Core			
Cisco			
Catalyst 3560G			
UTP Cat. 5e			
Cisco Asa			
Cisco			
5520 series			
UTP Cat. 5e			
WLC			
Cisco			
5500 Series			
Fibra Óptica			
Switch de Distribución			
Cisco			
Catalyst 2960 PoE			

UTP Cat. 5e

Switches de Acceso

Cisco

Catalyst 2960 PoE

UTP Cat. 5e

Fuente: Dirección de Innovación Tecnológica del IAEN (2016).

Elaboración: El autor.

1.2.1 Esquema de red del IAEN

En el esquema de red del año 2016, se pueda observar la topología y el medio de transmisión, que conectan los equipos activos de networking.

Figura 1 Diagrama de red LAN del IAEN en 2016

Fuente: Dirección de Innovación Tecnológica IAEN (2016).

Elaboración: El autor.

1.2.2 Detalle de equipos informáticos utilizados por personal del IAEN

En la siguiente tabla se describe el número de computadores que tenía el IAEN, entregados en custodia a sus funcionarios en 2016 para cada uno de los pisos, estos computadores estaban conectados a un equipo de comunicación, utilizando como medio de transmisión cables UTP Cat. 5e.

Tabla. 2 Equipos informáticos computacionales en 2016

Ubicación x Piso		N° de PCs		N° de laptops	Total x Piso	Medio de Transmisión
Piso-SBS	26	5	31	UTP Cat. 5e		

Piso-PB	12	2	14	UTP Cat. 5e
Piso-1	34	21	55	UTP Cat. 5e
Piso-2	13	0	13	UTP Cat. 5e
Piso-3	14	1	15	UTP Cat. 5e
Piso-4	25	3	28	UTP Cat. 5e
Piso-5	45	12	57	UTP Cat. 5e
Piso-6	35	10	45	UTP Cat. 5e
Piso-7	9	2	11	UTP Cat. 5e
Piso-8	2	2	4	UTP Cat. 5e
Total			273	

Fuente: Dirección de Innovación Tecnológica IAEN (2016).

Elaboración: El autor.

La siguiente tabla describe un resumen de todos los equipos informáticos que el IAEN, ha adquirido durante los últimos siete años.

Tabla. 3 Resumen de equipos informáticos computacionales

Cuadro de Resumen

PC-All-In-One	131
Laptop	63
Microcontrolador	15
PC-escritorio	64
Total	273

Fuente: Dirección de Innovación Tecnológica IAEN (2016).

Elaboración: El autor.

La tabla número cuatro muestra todos los equipos telefónicos que son parte del parque informático del IAEN y un número total diferenciados por sus modelos y códec.

Tabla. 4 Resumen de equipos informáticos de Telefonía

Teléfono	Modelo	Granstream	Tipo de Códec
70	GXP-1405	G.722	
104			
22	GXP-2160	G.711	
7	GXP-2124	G.722	
5	GXP-2000	G.722	
22	GXP-2110	G.722	
26			
2	GXP-1200	G.722	
2	GXP-303	G.722	
9	GXP-285	GSM	9
Total		139	

Fuente: Dirección de Innovación Tecnológica IAEN (2016).

Elaboración: El autor.

1.2.3 Dimensionamiento de enlace del IAEN en 2016

En el año 2016, el IAEN contaba con un enlace desde el Centro de Datos hacia el 2do piso del edificio administrativo como medio de transmisión un Cable UTP Cat5e. El backbone entre switches de cada piso eran en cascada y de esa manera se proveía de los servicios. Los servicios de comunicación con los que contaba el IAEN en 2016 se detallan en la siguiente tabla:

Tabla. 5 Detalle de dimensionamiento del enlace de comunicaciones en el IAEN

Institución	Orden de servicio	Ancho de Banda	Medio de Transmisión
-------------	-------------------	----------------	----------------------

IAEN

20MB

Fibra Óptica

Fuente: Dirección de Innovación Tecnológica IAEN (2016).

Elaboración: El autor.

1.2.4 Diagrama del esquema lógico de red

Para la elaboración del direccionamiento IP institucional, se ha utilizado una dirección IPv4, del tipo privado y de clase C, de un pool de direcciones públicas provistas por el ISP (Proveedor de Servicio de Internet), en este caso, CNT-EP; y previamente convertida la dirección pública a dirección privada por medio del router. Para ese momento, la red ya contaba con segmentaciones lógicas, es decir VLAN's.

1.2.4.1 Red clase C

La dirección IP implementada estaba basada, como se mencionó en el apartado anterior, en base a la dirección de clase C de tipo privada 192.168.0.0, para el cual se empleó la máscara 255.255.255.0 o /24; creadas 11 subredes en total divididas en 8 VLAN's y 3 segmentos de red con un máximo de 254 host para cada subred disponible. En la identificación de VLAN's (Doherty et al., 2009, p. 87), se tomó como punto de partida, la trama IEEE 802.1Q (también llamado dot1q) que representa protocolos de LAN de capa superior, expuesta en la figura 1, que guarda el campo TAG (etiqueta), el cual incluye 3 bits para niveles de prioridad y el identificador de VLAN (Comer & Romero Elizondo, 2015, p. 300).

Figura 2 Formato de trama ethernet en una etiqueta VLAN estándar 802.1Q

Fuente: Douglas E. Comer. Redes de computación e internet (2015).

Elaboración: El autor.

2. Manera de determinar el tráfico en los diferentes servicios

Como parte del cálculo del ancho de banda para los diferentes servicios, se hace uso de varias tablas normadas internacionalmente como la siguiente tabla:

Tabla. 6 Análisis de parámetros de la norma ETSI EG 202 057-4 para estimar el ancho de banda en internet

Medium

Application	Degree of symmetry	Typical amount of data	One-Way Delay	KBps preferido
	KBps Acceptable			

DATA	Web-Browsing –HTML	Primarily one- way	~10 KB	Preferido <2s
Acceptable <4s	5	2,5		

DATA	Bulk Data	Primarily one- way		
	10 KB –			
10 MB	< 15s	Preferido		
< 60s	Acceptable	0,666667		

666 ,667

0,16666667

166,666667

DATA	E-Mail (server Access)			
	Primarily one- way			
	< 10 KB			
	Preferido <2s			
Acceptable <4s	5	2,5		

Fuente: <https://www.etsi.org>. ETSI EG 202 057-4, V1.1.1 (2005-10).

Para medir el tráfico, se toma la bulk data, como se dispone de los parámetros de tiempo de 1s hasta 60s, entonces se utiliza como un tiempo medio el tiempo aceptable de carga y el tiempo preferido de carga, entonces se tendría = 30 s

El IAEN contempla su jornada laboral de ocho horas diarias desde las 08:30 h a 17:00 h bajo normativa institucional. Por tanto, se considera que los equipos computacionales están encendidos durante ocho horas y su factor de uso es de 100%. El factor de uso es calculado como el cociente de

Tabla. 7 Recursos específicos para internet en el IAEN

Ubicación	Jornada laboral	Lunch	PC	Laptops	Horas de uso	Factor de uso
(100% de 8 horas laborales)			PC*Factor de uso		Laptop*Factor de uso	
Piso-SBS	08:00-17:00	0.5 h	26	5	7	0.875 22.75 4.36
Piso-PB	08:00-17:00	0.5 h	12	2	7	0.875 10.50 1.75
Piso-1	08:00-20:00	0.5 h	34	21	8	1 34 21
Piso-2	08:00-17:00	0.5 h	13	0	7	0.875 11.375 0.00
Piso-3	08:00-17:00	0.5 h	14	1	7	0.875 12.25
			0.88			
Piso-4	08:00-17:00	0.5 h	25	3	7	0.875 21.86 2.63
Piso-5	08:00-17:00	0.5 h	45	12	7	0.875 39.38 10.5
Piso-6	08:00-17:00	0.5 h	35	10	7	0.875 30.63 8.88
Piso-7	08:00-17:00	0.5 h	9	2	7	0.875 7.88
			1.75			
Piso-8	08:00-17:00	0.5 h	2	2	7	0.875 1.75 1.75

Fuente: Dirección de Innovación Tecnológica IAEN (2016).

Elaboración: El autor.

2.1 Servicio de internet

Para determinar el cálculo de tráfico de internet se hace uso de la siguiente ecuación:

- La suma de los KB a transmitirse por segundo se obtiene de la suma determinada en la tabla 7, los diferentes momentos de transmisión determinan el ancho de banda en las horas pico. Se debe multiplicar el número total de equipos conectados por los KB a transmitirse por segundo.
- Para el siguiente caso, que corresponde a las horas normales, el ancho de banda se calcula al multiplicar el número de equipos por el factor de uso, que se encuentra determinado en el anexo 1.
- El tráfico del bulk data, para este caso se obtiene de la generación documental de memorandos (quipux), envío y recepción de correo institucional (zimbra), descarga y subida de archivos, los cuales se detallan a continuación en la tabla 8.

Tabla. 8 Tráfico de archivos generados por los funcionarios del IAEN

Descripción de archivo en promedio	Tamaño de archivo	
en KB	Tamaño de archivo	
en MB		
Quipux 1500	1.5	
Correo institucional	3300	3.3
Descarga de archivo	392.7	0.3927
Total	5192.7	5.1927

Fuente: Dirección de Innovación Tecnológica IAEN (2016).

Elaboración: El autor.

Según los resultados mostrados en la tabla 8, los funcionarios del IAEN, comparten 5.19 MB, con lo cual se determinará el tráfico de internet considerando como la bulk data, de la siguiente manera:

Nuevamente se hará uso de la tabla 6 para el cálculo del ancho de banda, en las horas pico de acuerdo con la siguiente ecuación:

Se considera que todos los equipos transmiten información simultáneamente en KBps, según se determinó en las ecuaciones anteriores, con un 100% de actividad.

La siguiente tabla muestra el factor de uso que se emplea en los computadores, tanto en PC como en computadores portátiles.

Tabla. 9 Determinación de factor de uso para computadores PC y Laptops

Ubicación	Prestación de servicios		Número de PC		PC*Factor de uso	Laptops*Factor
	Red fija	Red inalámbrica	PC	Laptops		
Piso-SBS	----	----	26	5	22.50	4.36

Fuente: Dirección de Innovación Tecnológica IAEN (2016).

Elaboración: El autor.

Se toma como ejemplo el piso de subsuelo (Piso-SBS), y se procede a calcular de esta manera el ancho de banda:

Red fija en Hora pico:

-

-

-

Red inalámbrica en Hora pico:

-

-

-

Red Fija en hora no pico:

-

-

-

Red inalámbrica en hora no pico:

-

-

-

En la tabla 10, se describe los datos obtenidos en los cálculos anteriores, para la red fija en horas pico y horas que no son pico, de tal manera que se pueda determinar la calidad (alta, media, aceptable) medidas en mega bits por segundos, tomado como ejemplo el piso de subsuelo (Piso-SBS).

Tabla. 10 Ancho de banda necesario en la red fija para el piso de subsuelo

Servicio	Red Fija-Hora Pico		Red Fija-Hora no pico			
Internet	Alto en					
	MBps					
	Medio en					
	MBps					
	Aceptable en MBps		Alto en MBps	Medio en MBps	Aceptable en MBps	
Piso-SBS	9,26	4,50	2,25	8,01	3,93	1,96

Fuente: Dirección de Innovación Tecnológica IAEN (2016).

Elaboración: Del autor.

En la tabla 11, se describe los datos obtenidos en los cálculos anteriores, para la red inalámbrica en horas pico y horas que no son pico, de tal manera que se pueda determinar la calidad (alta, media, aceptable) en mega bits por segundos, tomado como ejemplo el piso de subsuelo (Piso-SBS).

Tabla. 11 Ancho de banda necesario en la red inalámbrica para el piso de subsuelo

Servicio	Pico Red inalámbrica-Hora		Red inalámbrica-Hora no pico			
Internet	Alto en					
	MBps					
	Medio en					
	MBps					
	Aceptable en MBps		Alto en MBps	Medio en MBps	Aceptable en MBps	
Piso-SBS	1,78	0,87	0,43	1,55	0,75	0,38

Fuente: Dirección de Innovación Tecnológica IAEN (2016).

Elaboración: El autor.

Manteniendo el mismo criterio realizado en los cálculos anteriores, se crea una tabla de resumen como anexo 2 “internet”, que fue generado por la tabla 10 y tabla 11, la cual tendrá los respectivos valores de cada uno de los pisos en el IAEN.

2.2 Servicio de telefonía VoIP

El tráfico de voz sobre IP generado en el IAEN, se encuentra configurado mediante tres códec para realizar llamadas internas y externas, los cuales son: G.711, G.722 y GSM. Estos códec están bajo los parámetros de la norma ETSI EG 202 057-4, tanto para la red WAN como en la red LAN.

Para el estudio y análisis se consideró a 153 funcionarios que trabajaron en 2016, y los teléfonos IP disponibles en cada piso, los que se describieron en la tabla 4.

La tabla 12, describe los parámetros establecidos por normas internacionales como la ETSI EG 202 057-4, donde se encuentran el tipo del medio, la aplicación a la cual hace referencia, el grado de simetría y la tasa de transferencia.

Tabla. 12 Parámetros según la norma ETSI EG 202 057-4 de telefonía IP

Medium	Application	Degree of symmetry	Typical data rates
Audio	Conversational voice	Two- way	4Kbps to 64Kbps
Audio	Voice messagign	Primarily one-way	4Kbps to 32 Kbps
Audio	High quality streaming audio	Two-way	16Kbps to 128 Kbps

Fuente: etsi.org. ETSI EG 202 057-4 V1.1.1 (2005-10). Recuperado de <https://goo.gl/MHdNwV>

El Ancho de banda para el códec G.711 y G.722 está conformado en forma de tramas de la siguiente manera:

Figura 3 Ancho de banda de códec G.722

Fuente: Jaskowicz, J. (2013). Voz y video en redes OP. Recuperado de <https://goo.gl/Rb265e>.

Elaborado por: El autor.

Tabla. 13 Muestra codecs de banda ancha que se requiere para una transmisión sobre ethernet, con los respectivos tamaños de carga útil de voz

Información de códec Cálculos de ancho de banda

Velocidad de bits y códec

(KBps) Ejemplo de tamaño del códec

(bytes)

Ejemplo de intervalo del códec (ms) Mean Opinion Score (MOS) Tamaño de la carga útil de voz (bytes) Tamaño de la carga útil de voz (ms) Paquetes por segundo

(PPS) WB

MP o FRF.12 (KBps) WB

c/cRTP o FRF.12 (KBps) WB-Ethernet

(KBps)

G.711 (64Kbps)	80 bytes	10 ms	4.1	160 bytes	20 ms	50	82.8 Kbps
67.6 Kbps				87.2 Kbps			

G.729

(8 Kbps)	10 bytes	10 ms	3.92	20
----------	----------	-------	------	----

bytes	20 ms	50	2.8
-------	-------	----	-----

Kbps	11.6
------	------

Kbps	31.2
------	------

Kbps

G.723.1 (6.3 Kbps)	24 bytes	30 ms	3.9	24
--------------------	----------	-------	-----	----

bytes	30 ms	34	18.9
-------	-------	----	------

Kbps	8.8
------	-----

Kbps	21.9
------	------

Kbps

G.723.1 (5.3 Kbps) 20 bytes 30 ms 3.8 20

bytes 30 ms 34 17.9 7.7

KBps 20.8

Kbps

G.726

(32 Kbps) 20 bytes 5 ms 3.85 80

bytes 20 ms 50 50.8

KBps 35.6

KBps 55.2

Kbps

G.726

(24 Kbps) 15 bytes 5 ms 60

bytes 20 ms 50 42.8

KBps 27.6

KBps 47.2

Kbps

G.728

(16 Kbps) 10 bytes 5 ms 3.61 60

bytes 30 ms 34 28.5

KBps 18.4

KBps 31.5

Kbps

GSM

(13 Kbps) 32.5

bytes 20 ms

50 36.2

Kbps

Fuente: L. Heredia (2015). Implementación de redes inalámbricas para integrar voz, datos y video en la mejora de los servicios (Tesis de Maestría). Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Recuperado de <http://www.voipforo.com/codec/codecs.php> .

Los tamaños establecidos para los casos de protocolos serán: IP, 20 Bytes; UDP, 8Bytes; y RTP con 12 Bytes. La suma de los encabezados da un valor de 40 Bytes, pudiendo ser comprimidos como lo sugiere la RFC 2508 (Casner y Jacobson, 1999) de la IETF, a un tamaño de 2 o 4 Bytes. Para el caso que se está tratando no se tomará en cuenta la compresión y se trabajará con los 40 Bytes. El protocolo de capa 2 estará implementado en el protocolo Ethernet; por tanto, los campos de este protocolo se consideran de 18 Bytes. Se toma en cuenta que a partir del año 2000 se ha considerado los siguientes estándares: 1000 bits equivalen a 1kilobit; y 1 ms equivalen a 0,001 segundos. También se sabe que 1Kbps equivale a 0,125 KBps.

2.2.1 Ancho de banda para telefonía VoIP

Para determinar y calcular el ancho de banda se debe considerar las siguientes ecuaciones:

-
-
-

Fuente: Joskowicz(2013) .

Aplicación de ecuaciones para conexiones de llamadas internas y externas utilizando el códec G. 711 y G.722 en ethernet

El mismo criterio de ecuaciones se ha utilizado para conexiones de llamadas internas y externas con el códec GSM en ethernet. Un códec GSM tiene una velocidad de 13 KBps, para poder obtener bloques de 260 bits equivalentes a 32,5 bytes, en un tiempo de 20 ms.

Con los valores obtenidos en las tablas 12 y 13 se pueda establecer el tráfico que se genera mediante telefonía VoIP en cada piso del IAEN, como se muestra en la tabla 14. Es así que se obtiene el número total de usuarios que ingresan en un mismo tiempo, como usuarios concurrentes, con una alta calidad, determinado por la normativa de ETSI EG 202 057-4, V1.1.1 (2005-10) y los códec G.711 G.722, y GSM.

Tabla. 14 El tipo de calidad por códec

Tipo de calidad	Kbps	KBps
Alta	128	16
Códec G.711	87.2	10.9
Códec G.722	87.2	10.9
Códec GSM	36.2	4.525

Fuente: Dirección de Innovación Tecnológica IAEN (2016).

Elaboración: El autor.

En la red fija el número total de usuarios que puedan realizar las llamadas se obtiene de la suma total de la telefonía VoIP, que acceden al servicio, en tanto que los usuarios concurrentes son de un 40% del número total de usuarios. El cálculo para el tráfico que genera la telefonía VoIP, se lo realiza utilizando la siguiente ecuación.

El número de equipos a conectarse simultáneamente está dado por los datos determinados en la tabla 15, en cada uno de los pisos.

Tabla. 15 Equipos de telefonía VoIP a conectarse simultáneamente

Número de Equipos de Telefonía VoIP

Ubicación	Servicio	Cantidad de teléfonos VoIP	N° de usuarios concurrentes 40%
Piso-SBS	Telefonía VoIP	6	2.4
Piso-Piso-PB	Telefonía VoIP	12	4.8
Piso-1	Telefonía VoIP	0	0
Piso-2	Telefonía VoIP	7	2.80

Piso-3	Telefonía VoIP	9	3.60
Piso-4	Telefonía VoIP	25	10
Piso-5	Telefonía VoIP	38	15.2
Piso-6	Telefonía VoIP	31	12.4
Piso-7	Telefonía VoIP	8	3.2
Piso-8	Telefonía VoIP	3	1.2

Fuente: Dirección de Innovación Tecnológica IAEN (2016).

Elaboración: El autor.

Calidad alta para usuarios totales Piso-SBS:

Códec G.711 y G.722 para usuarios totales Piso-SBS:

Códec GSM para usuarios totales Piso-SBS:

Calidad alta para usuarios concurrentes Piso-SBS:

Códec G.711 y G.722 para usuarios concurrentes Piso-SBS:

Códec GSM para usuarios concurrentes Piso-SBS:

Para el cálculo de los demás pisos del uno hasta el octavo, se deberá seguir el mismo proceso, con el cual se obtiene la tabla del anexo 3 “telefonía VoIP”, donde se presenta una tabla resumen con los datos de tráfico generado por el uso de telefonía VoIP, acorde a la necesidad institucional.

2.3 Ancho de banda para plataformas virtuales

Para determinar el tráfico que genera la plataforma virtual <http://educacionvirtual.iaen.edu.ec/>, no se considera el consumo de datos de internet debido a que este tráfico va de forma directa hasta los servidores localizados en el centro de datos de la Dirección de Innovación Tecnológica (DIT). La DIT ofrece soporte a las aulas virtuales de todos los Centros con sus respectivas maestrías, se tomó como ejemplo el Centro de Derechos y Justicia como se muestra en la siguiente figura.

Figura 4 Plataforma de campus virtual IAEN

Fuente: Dirección de Innovación Tecnológica IAEN (2016).

Elaboración: El autor.

Fuente: Elaboración propia con información de la Dirección de Innovación Tecnológica IAEN.

Fuente: Dirección de Innovación Tecnológica IAEN (2016).

Elaboración: El autor.

Fuente: Dirección de Innovación Tecnológica IAEN (2016).

Elaboración: El autor.

Tabla. 16 Parámetros y normativa ETSI EG 202 057-4 para plataforma virtual

Medium	Application	Degree of symmetry	Typical amount of data
	One-Way Delay	Preferido	
KBps	Acceptable		
KBps			
DATA	Web-Browsing –		
HTML	Primarily one- way	~10 KB	Preferido <2s
			Acceptable <4s
	5	2,5	
DATA	Bulk Data	Primarily one- way	10 KB – 20MB < 15s Preferido
< 60s	Acceptable	0,666 –666	0,166 –166,6

Fuente: ETSI EG 202 057-4,V1.1.1 (2005-10), <https://goo.gl/MHdNwV>.

La información recopilada para la tabla 17 se utilizará para el cálculo del tráfico de las redes fija e inalámbrica.

Para el uso de bulk data, se considera el tiempo medio de entre el tiempo preferido para la carga y el tiempo aceptable de la carga, que viene establecido por la relación de $60/2 = 30$ segundos.

La suma de KB a transmitirse por segundo se maneja de los valores determinados por la normativa ETSI EG 202 057-4, mostradas en la tabla 16, como la suma de web-browsing –html + la bulk data; esto dependerá de la calidad que se desee.

Los equipos a conectarse de manera simultánea están determinados en los datos generados para la tabla 17. La tabla completa se muestra en el anexo 4 “plataforma virtual”, que consta de usuarios concurrentes, que representan el 20% de todos los usuarios que tienen acceso a la plataforma virtual. Se debe considerar que el número de computadores (PC o portátiles) por el factor de uso, es diferente al número de usuarios concurrentes, esto debido a que el uso de internet permite el acceso a cientos, miles o millones de sitios web, pudiendo ser de un gran interés para los usuarios finales. En cambio, la utilización de la plataforma virtual es exclusiva del IAEN, y esto depende de la planificación de cada Centro para el manejo de los sílabos de cada uno de los docentes y de cada materia. De esta manera se pueda notar que no todos los usuarios con acceso a la plataforma virtual puedan ingresar al mismo tiempo, como tampoco estarán varias horas al día dentro de la plataforma. Para el caso de la plataforma virtual se tomará en consideración como bulk data el entorno virtual del IAEN

<http://educacionvirtual.iaen.edu.ec/>, el cual está conformado por información de archivos en línea como son:

- Documentos de Word (matrices, sílabos)
- Archivos de presentación en Power Point (material subido por docentes y estudiantes)
- Documentos en pdf (libros, revistas)
- Videos académicos (material de YouTube, vimeo)
- Imágenes estáticas

Todos estos materiales se consideran como herramientas de trabajo, dentro de la plataforma virtual; estos archivos oscilan en un promedio de 6MB como lo más pesado para subir, y en contra parte también se tienen archivos muy ligeros de 150 KB.

Como ejemplo para el cálculo se hará referencia al piso del subsuelo donde se encuentra la biblioteca de la institución, que tiene 26 computadores PC y 5 laptops en promedio, que los utilizan en su gran mayoría los estudiantes para realizar trabajos académicos y las actividades de trabajos que tienen que ser subidos dentro de la plataforma virtual para la evaluación respectiva. Para este caso puntual el número de usuarios concurrentes son de 5.2 usuarios dentro de la red fija y 1 dentro de la red inalámbrica. Esto significa que, en la biblioteca, dentro de la jornada diaria y hora no pico, se usa los bits equivalentes a 5.2 computadoras dentro de la red fija y 1 computador dentro de la red inalámbrica. En tanto que en las horas considerado como pico se utiliza los bits que equivalen a los 26 computadores dentro de la red fija y 5 dentro de la red inalámbrica.

Tabla. 17 Requerimiento de plataforma virtual

Ubicación	Número de PC			
	PC	Laptops Promedio		Usuarios concurrentes en red fija
	Usuarios concurrentes en red WIFI			
Piso-SBS	26	5	5.2	1
Piso-PB 12	2	2.4	0.4	
Piso-1 34	21	6.8	4.2	
Piso-2 13	0	2.6	0	
Piso-3 14	1	2.8	0.2	
Piso-4 25	3	5	0.6	
Piso-5 45	12	9	2.4	
Piso-6 35	10	7	2	
Piso-7 9	2	1.8	0.4	
Piso-8 2	2	0.4	0.4	

Fuente: Dirección de Innovación Tecnológica IAEN (2016).

Elaboración: El autor.

Para determinar el tráfico generado por el ingreso a la plataforma virtual, se hará uso de los datos de la tabla 17, el cálculo servirá tanto para usuario totales que ingresan al mismo tiempo, como también para los usuarios concurrentes, siempre considerando el tipo de calidad que se ha venido manejando, con la calidad alta, calidad media, y una calidad aceptable.

Los usuarios totales que deben ingresar en un mismo tiempo a la plataforma virtual, mediante la red fija, se obtendrá de sumar el total de computadoras (PC) que acceden al servicio, en tanto que el número de usuarios concurrentes para las redes fija e inalámbrica es de 20% de los usuarios antes mencionados.

Para realizar el cálculo del tráfico que genera el ingreso a la plataforma virtual se hará uso de la siguiente ecuación:

Donde la suma de KB que se transmite por segundo queda determinada según sea el caso, bajo el estándar determinado en la tabla 16, para lo cual se suma web-browsing –html + bulk data según la calidad que se desee.

Los computadores (PC) a conectarse juntamente se establece de los datos mostrados en la tabla 17. Se considera el número total de computadores (PC) o el número de laptops promedio

para determinar el ancho de banda que genera el ingreso a la plataforma virtual de todos los usuarios que pudieran acceder conjuntamente. Los valores anteriores multiplicarse por el 20% con lo cual se determinaría el ancho de banda necesario que requieren los usuarios concurrentes.

Para analizar y determinar el tráfico en la plataforma virtual se toma como referencia el Piso Subsuelo que se ha venido considerando para los cálculos en todos los casos anteriores. Se considera un bulk data igual a 6 MB.

Calidad alta:

Calidad media:

Calidad aceptable:

Ahora se procederá a calcular el respectivo ancho de banda.

De acuerdo a la calidad alta para usuarios totales:

Red fija:

Red inalámbrica:

De acuerdo a la calidad media para usuarios totales:

Red fija:

Red inalámbrica:

De acuerdo a la calidad aceptable para usuarios totales:

Red fija:

Red inalámbrica:

De acuerdo a la calidad alta para usuarios concurrentes:

Red fija:

Red inalámbrica:

De acuerdo a la calidad media para usuarios concurrentes:

Red fija:}

Red inalámbrica:

De acuerdo a la calidad aceptable para usuarios concurrentes:

Red fija:

Red inalámbrica:

2.4 Ancho de banda para Sistema SIAAD

Para determinar el tráfico que genera el sistema académico administrativo (SIAAD)(«Sistema académico y administrativo», 2015), no se considera el consumo de datos de internet debido a que este tráfico va de forma directa hasta los servidores localizados en el centro de datos de la Dirección de Innovación Tecnológica (DIT). Su acceso se muestra en siguiente figura.

Figura 6 Ingreso al sistema SIAAD del IAEN

Fuente: Dirección de Innovación Tecnológica IAEN (2016).

Elaboración: El autor.

Para el caso del sistema académico administrativo se tomará en consideración como bulk data el entorno del SIAAD del IAEN que se pueda ingresar desde la url: “<http://siaad.iaen.edu.ec>”, como se pueda observar en la figura 6.

Para los servicios académicos en línea que provee la Dirección de Innovación Tecnológica (DIT), este sistema es el encargado de:

- Matriculación en línea.
- Planificación y ejecución académica.
- Pagos en línea.
- Concurso de méritos y oposición.
- Procesos de admisión.
- Registro de becas y asignación de becas.
- Pagos de (matriculación, colegiatura, planes de pago)

- Facturación electrónica.
- Generación de Certificados.
- Consultas y reportes (notas, reportes académicos) por parte de docentes y estudiantes.

El sistema académico administrativo SIAAD está configurado de tal manera que puedan acceder de acuerdo al perfil creado para los usuarios, los centros que tienen acceso son: Centro de Gobierno y Administración Pública, Centro de seguridad y Defensa, Centro de economía pública y sectores estratégicos, Centro de Prospectiva, Dirección de Innovación Tecnológica, Dirección de Investigación, Dirección administrativa, Dirección Financiera.

Figura 7 Módulos de sistema SIAAD

Fuente: Dirección de Innovación Tecnológica IAEN (2016).

Elaboración: El autor.

Luego de haberse analizado varios archivos que son almacenados dentro del SIAAD, como se muestra en la figura 7, se pudo determinar los diferentes tamaños que tienen cada archivo, desde 77 KB hasta de 20 MB, por tanto, se trabajara con un bulk data de 20 MB.

Para el cálculo de este tráfico se utiliza como normativa ETSI EG 202 057-4, V1.1.1 (2005-10) que hace referencia a “web-browsing–html y bulk data”, como se muestra en la tabla 18, que describe los parámetros establecidos por normas internacionales como es la ETSI EG 202 057-4, donde se encuentran el tipo de medio, la aplicación a la cual se hace referencia, el grado de simetría, cantidad típica de datos y la demora uní direccional.

Tabla. 18 Normativa de ETSI EG 202 057-4

Medium	Application	Degree of symmetry	Typical amount of data	One-Way Delay KBps
preferido				KBps Aceptable
DATA	Web-Browsing – Primarily			
HTML			Primarily	

one- way	10 KB	Preferido <2s
Acceptable <4s	5	2.5
DATA Bulk Data		Primarily
one- way	20 MB	< 15s Preferido
< 60s Acceptable	4.93	1.23

Fuente: ETSI EG 202 057-4,V1.1.1 (2005-10), <https://goo.gl/MHdNwV>

Para poder determinar el bulk data que utiliza el SIADD, se establece el tiempo medio preferido de carga y un tiempo aceptable de carga establecido por $60/2 = 30$ segundos.

Más adelante se muestra en la tabla 19 un resumen de usuarios concurrentes en redes fija e inalámbrica, la tabla completa se encuentra en el anexo 5. En esta tabla se establece el número de usuarios concurrentes como el 40% de los usuarios totales que pueda acceder al sistema SIAAD, se debe tomar en cuenta que el número de usuarios concurrentes es distinto del número de computadores o laptops multiplicado por el factor de uso, a diferencia del uso de internet que se pueda tener acceso a cientos miles hasta millones de sitios web.(Ing. Juan Carlos Santillán Lima, s. f.)

Para analizar y determinar el tráfico generado por el SIAAD se toma como referencia el Piso Subsuelo que se ha venido considerando para los cálculos en todos los casos anteriores, se toma un bulk data igual a 20 MB.

En primer lugar se calcula la

Calidad alta-usuario total:

Red Fija:

Red Inalámbrica:

Calidad media-usuarios totales:

Red Fija:

Red Inalámbrica:

Calidad aceptable-usuarios totales:

Red Fija:

Red Inalámbrica:

De acuerdo a la calidad alta para usuarios concurrentes:

Red fija:

Red inalámbrica:

De acuerdo a la calidad media para usuarios concurrentes:

Red fija:

Red inalámbrica:

De acuerdo a la calidad aceptable para usuarios concurrentes:

Red fija:

Red inalámbrica:

La tabla 19, describe un resumen referente a todos los usuarios concurrentes dentro de las dos redes LAN, para determinar el ancho de banda, utilizando los valores anteriormente calculados.

Tabla. 19 Resumen de usuarios concurrentes en redes fija e inalámbrica

Ubicación	Número de PC
-----------	--------------

	PC concurrentes en red WIFI	Laptops	Promedio	Usuarios concurrentes en red fija	Usuarios
Piso-SBS	26	5	10,4	2	
Piso-Piso-PB	12	2	4,8	0,8	
Piso-1	34	21	13,6	8,4	
Piso-2	13	0	5,2	0	
Piso-3	14	1	5,6	0,4	
Piso-4	25	3	10	1,2	
Piso-5	45	12	18	4,8	
Piso-6	35	10	14	4	
Piso-7	9	2	3,6	0,8	
Piso-8	2	2	0,8	0,8	

Fuente: Dirección de Innovación Tecnológica IAEN (2016).

Elaboración: El autor.

Para los demás pisos, del uno hasta el octavo, se deberá seguir el mismo proceso, con el cual se obtiene la tabla del anexo 5 “sistema SIAAD”, donde se presenta un resumen con los datos de tráfico generado por el ingreso a la plataforma virtual, acorde a la necesidad institucional.

2.4.1 Ancho de banda del tráfico total y de forma global

Para determinar el tráfico total generado en cada uno de los casos anteriormente estudiados, se deberá sumar los valores de ancho de banda de cada uno de los pisos y en cada uno de los casos que se procedió a determinar previamente.

Para la red fija:

Dentro de esta red se considera los servicios de internet, telefonía IP, plataformas virtuales, y sistema SIAAD. Las sumas de cada uno de estos servicios generaron un tráfico en la red, el cual se muestran en el anexo 6 “tráfico total” y en la tabla 22. En lo que respecta con la telefonía VoIP, se ha considerado la calidad alta tomada de la normativa y estándar europeo; para la calidad media se utilizó los códec G.711 y G. 722; y para la calidad baja se consideró el códec GSM. Los valores determinados por los códec utilizados en el análisis no necesariamente representan calidad alta, media o baja, sino más bien el ancho de banda requerido para una transmisión de alta calidad utilizando estos códec.

Tabla. 20 Determinación de tráfico total en red fija

Uso Tipo de red	Tipo de servicio	Internet	Usuarios totales y usuarios concurrentes	Internet	Usuarios por factor de uso y usuarios concurrentes
Fija	Calidad Alta	Calidad Media	Calidad Aceptable	Calidad Alta	Calidad Media
Media	Calidad Aceptable				

Piso-SBS Internet 9256 4498 2249 8099 3935,75 1967,88

Telefonía VoIP

96 65,4 27,15 38,4 26,16 10,86

Plataforma virtual

10530 533 2665 2106 1066 533

Sistema SIAAD 34796,6 17463,42 8796,58 13918,63
6985,368 3518,63

Fuente: Dirección de Innovación Tecnológica IAEN (2016).

Elaboración: El autor.

Para la red WI-FI:

Dentro de esta red inalámbrica se sigue considerando los mismos servicios de internet, plataformas virtuales, y sistema SIAAD en línea, la suma de tráfico que generan estos servicios determinan el tráfico total en cada piso analizado, según se muestra en el anexo 6 y en la tabla 21. Se debe tomar en cuenta que para este análisis no se consideró a la telefonía VoIP, pues la institución no cuenta con teléfonos inalámbricos para realizar llamadas.

Tabla. 21 Determinación de tráfico total en red inalámbrica

Uso Tipo de red	Tipo de servicio	Internet	Usuarios totales y usuarios concurrentes	Internet	Usuarios por factor de uso y usuarios concurrentes
-----------------	------------------	----------	--	----------	--

Wi-fi	Calidad Alta	Calidad Media	Calidad Aceptable	Calidad Alta	Calidad Media
Media	Calidad Aceptable				

Piso-SBS	Internet	1780	865	432,5	1552,16	754,28	377,14
----------	----------	------	-----	-------	---------	--------	--------

Plataforma virtual

2015	1025	512,5	101,25	51,25	25,625
------	------	-------	--------	-------	--------

Sistema SIAAD	6691,65	3358,35	1691,65	2676,66
	1343,34	676,66		

Fuente: Dirección de Innovación Tecnológica IAEN (2016).

Elaboración: El autor.

Realizando la suma respectiva de la red fija y red inalámbrica se determina la tabla 17. En dicha tabla se observa un primer grupo que consiste en el tráfico de: “Internet Usuarios totales”, dando un escenario que pueda presentar la red con un 100% de usuarios utilizando todos los recursos. Un segundo grupo tiene: “Usuarios por factor de uso y usuarios concurrentes”, que indican el mínimo tráfico que soporta la red, la suma que se obtiene con estos valores son los más cercanos a la realidad del tráfico que genera el IAEN, esto de acuerdo al criterio del autor.

Tabla. 22 Tráfico de internet por usuarios totales y otros servicios dependiendo de la calidad.

Ancho de banda total por redes	Internet Usuarios totales	Usuarios por factor de uso y usuarios concurrentes			
	Calidad Alta	Calidad Media	Calidad Aceptable	Calidad Alta	Calidad Media
	Calidad Aceptable				
Red Fija: en kbps					
	453581,96	222697,15	114004,925	207487,678	103187,76
	51757,639				
Red Wi-Fi: en kbps					
	121751,15	60880,22	33295,14	54489,504	27062,494
	13589,125				
Total: en kbps					

575333,11	283577,37	147300,065	261977,182	130250,254
65346,764				

Total: en MBps

575,33311	283,57737	147,300065	261,977182	130,250254
65,346764				

Total: en Mbps	4602,66488	2268,61896	1178,40052	2095,817456	1042,002032
	522,774112				

Fuente: Dirección de Innovación Tecnológica IAEN (2016).

Elaboración: El autor.

3. Análisis de coste y su factibilidad

Luego de haber realizado el análisis y por las situaciones presentadas en el de tráfico de la red LAN en 2016, se pueda determinar que es necesario reestructurar la red de datos, considerando tres aspectos: el operacional, técnico, y económico.

3.1 Factibilidad Operacional

Referente a este aspecto operacional, la Dirección de Innovación Tecnológica (DIT) cuenta con una unidad de infraestructura y el personal cualificado, certificados en CNNA, capacitados en sophos, check point, diseño de red en fibra óptica y preparados para llevar a cabo los requerimientos que el proyecto demanda, como son: la implementación de equipos de networking y el cambio de los medios de transmisión (enlaces).

3.2 Factibilidad Técnica.

En cuanto a este aspecto técnico, la DIT cuenta con un centro de datos el cual dispone de tres racks en los que se colocarían los equipos de networking y se acoplarían los enlaces de fibra óptica en los equipos activos, siguiendo una metodología procedimental; para llevar a cabo la propuesta establecida y así mejorar el tráfico en la red.

3.3 Factibilidad Económica.

Para la adquisición de los equipos de networking y el medio de transmisión (enlaces), en una primera fase se maneja un presupuesto referencial determinado por el Instituto de Altos Estudios Nacionales con un valor de USD \$ 38.999,49 (treinta y ocho mil novecientos noventa y nueve dólares de los estados unidos de américa con 49/100). Para una segunda fase se maneja un presupuesto referencial de USD \$ 45.000 (cuarenta y cinco mil dólares de los estados unidos de américa) incluido el impuesto al valor agregado (IVA).

3.4 Coste del proyecto

En todo proyecto de debe considerar los siguientes componentes:

- Coste de inversión para el proyecto.
- Coste de operación y de mantenimiento.

Coste de inversión: Dichos valores corresponden al estudio de factibilidad, para la compra de equipos de networking e instalaciones de los enlaces de fibra óptica y puesta en funcionamiento. Para poder llevar a cabo este proyecto se requiere de financiamiento, mismos que están asignados por el IAEN a la DIT, como un Plan Anual de Proyectos denominado PAP, para los años 2016 y 2017.

Con los antecedentes expuestos, a continuación, se detalla los bienes que se adquirieron a diferentes proveedores, y que se entregaron al IAEN en una primera fase.

Tabla. 23 Pago de factura de adquisición de equipos de networking

OBJETO DE CONTRATACION

	CÓDIGO	ESPECIFICACIONES	CANTIDAD	VALOR
Adquisición de equipos de Networking para repotenciar el enlace troncal de red LAN en el IAEN	WS-C3850-24T-S	Switch de Core de 24 puertos con software appliance	1	\$5.085,10
	WS-C3850-12S-S	Cisco One Catalyst 3850 12 Port Fiber Switch	1	\$7.144,70
	GLC-SX-MMD=	1000Base-SX SFP Transceiver module, MMF 850	12	\$5.518,20
	SIE-IAEN-003	70% de total del contrato SIE-IAEN-003-2017	1	\$0,00
	SIE-IAEN-003	30% Entrega de instalación y configuración de los equipos en la infraestructura de red LAN	1	\$5.730,00
TOTAL SIN IVA				\$ 23.478,00
IVA 14%				\$ 3.286,92
VALOR TOTAL				\$ 26.764,92

Fuente: Dirección de Innovación Tecnológica IAEN (2016).

Elaboración: El autor.

En el siguiente cuadro se muestran los valores referenciales para la colocación de los enlaces (medios de transmisión), correspondientes como parte de la primera fase. Los presentes costes hacen referencia a materiales y mano de obra.

Tabla. 24 Pago de factura de instalación y fusión de fibra óptica

OBJETO DE CONTRATACION

CÓDIGO	ESPECIFICACIONES	CANTIDAD	VALOR
--------	------------------	----------	-------

Instalación y función de fibra óptica, para los enlaces Backbone entre los pisos 1

Material de fibra óptica 1	\$ 3.701,97
----------------------------	-------------

Fibra multimodo OM3 8 hilos a 10 GB

ODF

Caja multimedia

Pigtail

Pitillo

Patch cord

Coupling

2	Material de canalización manguera BX sin PVC	\$ 1.052,63
---	--	-------------

3	Instalación y fusión de fibra óptica	\$ 2.692,37	
4	Rack abatible de pared de 19Urs para Switch de Core	\$	501,32
5	Rack compacto de pared de 12 Urs, para Switch de distribución	\$ 285,53	
6	Instalación de Racks	\$ 78,95	
TOTAL SIN IVA			
	IVA 12%	\$ 1.295,92	
	VALOR TOTAL	\$12.095,92	

Fuente: Dirección de Innovación Tecnológica IAEN (2017).

Elaboración: El autor.

En una segunda fase se adquirió cuatro switches de acceso y cuatro módulos SFP de fibra óptica (los cuales se detalla a continuación los bienes que un segundo proveedor entregó al IAEN). Como parte de la segunda fase también se adquirió un equipo para la seguridad perimetral de la red LAN institucional. También se detalla el bien que un tercer proveedor entregó al IAEN.

Tabla. 25 Pago de factura de adquisición de equipo firewall Check Point.

OBJETO DE CONTRATACION

CÓDIGO	ESPECIFICACIONES	CANTIDAD	VALOR
--------	------------------	----------	-------

Adquisición de equipos de Seguridad Perimetral para el aseguramiento de la red LAN en el IAEN

CPAP-SG5400-NGTX-3Y-CO-STD5400 Next Generation Thread Extration Appliance including 3 years of update services and Collaborative Estándar support +Next Generation.

Security Management Software for 5 gateways.

Incluye soporte local 24x7, instalación, configuración y mantenimiento preventivo.

1

\$39.710,00

TOTAL SIN IVA \$ 39.710,00

IVA 12 % \$ 4.765,20

VALOR TOTAL \$ 44.475,20

Fuente: Dirección de Innovación Tecnológica IAEN (2017).

Elaboración: El autor.

Coste total de proyecto para re potenciar red LAN interna

Tabla. 26 Cuadro de resumen de coste total del proyecto

OBJETO DE CONTRATACION	CÓDIGO	ESPECIFICACIONES	CANTIDAD	VALOR
Adquisición de equipos de Networking para repotenciar el enlace troncal de red LAN en el IAEN		Adquisiciones de Switches de Core, Distribución y módulos SFP 1		\$
26.764,92				
Instalación y función de fibra óptica, para los enlaces Backbone entre los pisos				
		Tendido de fibra óptica, puesta a punto los enlaces	1	\$ 12.095,26

Adquisición de equipos de Seguridad Perimetral para el aseguramiento de la red LAN en el IAEN	1	\$ 44.475,2
COSTE TOTAL		\$ 83.335,38

Fuente: Dirección de Innovación Tecnológica IAEN (2017).

Elaboración: El autor.

El coste del proyecto está cubierto por los dos presupuestos referenciales anuales, que se entregó como parte del fortalecimiento institucional, a la Dirección de Innovación Tecnológica (DIT).

Por tanto, es factible llevar acabo la implementación y ejecución del proyecto propuesto.

4. Propuesta para el adecuado y correcto dimensionamiento de ancho de banda y enlaces acorde a los parámetros determinados.

De acuerdo a lo descrito en los párrafos del apartado uno referentes a la infraestructura de red que el IAEN disponía en 2016, se presentó la siguiente propuesta para mejorar los accesos a los servicios y aplicaciones, que son utilizados día a día por los usuarios.

4.1 Equipos de networking propuestos

Como necesidades ineludibles se muestra la tabla 27 de equipos que se requerían comprar para reemplazar equipos que se encontraban discontinuos o con limitadas prestaciones, considerando que ya no se contaba con soporte por parte de las empresas parners del país.

Tabla. 27 Equipos de networking de comunicaciones en 2017

Descripción de Equipo	Marca de Equipo	Modelo de Equipo	Imagen de Equipo
Medio de Transmisión			

Switch Core

Cisco

C3850-24T

Fibra Óptica

Firewall

Check-Point

5400 Next-Generation

UTP Cat. 5e

WLC

Cisco 5500 Series

Fibra Óptica

Switch de Distribución

Cisco C3850-12S

Fibra Óptica

Switches de Acceso Cisco Catalyst 2960-X PoE

Fibra Óptica

Fuente: Dirección de Innovación Tecnológica IAEN (2017).

Elaboración: El autor.

Considerando equipos nuevos de networking marca CISCO («Cisco Catalyst 3850 Series Switches Data Sheet», s. f.), y el cambio del medio de transmisión en los enlaces, se garantiza un mejor rendimiento y administración de la red LAN. Una descripción breve de estos equipos se presentó en la tabla 27.

4.2 Propuesta de un nuevo esquema de red

Figura 8: Infraestructura de una nueva red propuesta

Fuente: Dirección de Innovación Tecnológica IAEN (2017).

Elaboración: El autor.

Con este nuevo esquema de red, se pueda establecer el modelo de tres capas sugerido por la empresa Cisco System. Donde la capa Core es el Siwtch C3850-24T («Network Switches, LAN and Enterprise Switches», s. f.), en la capa de distribución está el Siwtch C3850-12S, y la capa de acceso está compuesta por los Switches Catalyst C2960-X.

4.3 Dimensionamiento de enlace del IAEN en 2017

La colocación e instalación de un nuevo enlace de fibra óptica que remplazó al cable UTP Cat5e se lo realizó de la siguiente manera:

- Desde el Centro de Datos hacia el subsuelo donde se contempló el 1er enlace principal y se instaló un Switches de distribución.
- Desde el switch de distribución se derivaron un total de 9 enlaces uno por cada piso, por medio de fibra óptica de forma directa como se muestra en el anexo de fotografías y la figura 8.

Los servicios de comunicación con los que ahora se cuenta el IAEN se detallan en la siguiente tabla:

Tabla. 28 Detalle de dimensionamiento del enlace de comunicaciones en el IAEN

Institución	Orden de Servicio	Ancho de Banda	Medio de Transmisión
-------------	-------------------	----------------	----------------------

IAEN			
------	--	--	--

------	--	--	--

50MB			
------	--	--	--

Fibra Óptica			
--------------	--	--	--

Fuente: Dirección de Innovación Tecnológica IAEN (2017).

Elaboración: El autor.

4.4 Pre-requisitos de instalación

Elaborar un cronograma de trabajo para los cambios de equipos de networking y los enlaces como medios de transmisión, se consideró, el horario de trabajo del personal administrativo y académico, para no interferir con las actividades institucionales se lo realizó después de la jornada de trabajo, a partir de las 18:00 horas, luego de esta consideración se procedió a:

- Realizar un cronograma de instalación en conjunto con la empresa proveedora de los equipos de networking.
- Instalación de los enlaces de fibra óptica de acuerdo al cronograma presentado previo a la instalación del equipamiento.
- Configuración previa de los equipos de networking (switches) en un ambiente de pruebas.

4.5 Aseguramiento de la red y frontera de confianza

Para el aseguramiento de la red, anteriormente se tenía un equipo ASA 5520 de marca CISCO que era el firewall dentro de la red LAN, que ha sido reemplazado por un nuevo equipo de seguridad perimetral con mejores prestaciones como es el Check Point 5400 Next Generation. La Administración con el equipo Check Point, permite tener un mejor control del tráfico entrante y saliente de una manera más organizada.

Como frontera de confianza o Trust Boundary (límite de confianza) se tiene el Switch Core C3850-24T, que se encarga de la clasificación de tráfico en la red, debido a que es el punto más cercano a la fuente de tráfico como es el equipo Check Point 5400 Next Generation.

5. Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones:

- La red de datos del IAEN, genera una tasa de tráfico muy elevado con apreciación de calidad alta por los funcionarios.
- Las configuraciones de cada uno de los equipos de networking (switches) fueron realizadas en base a la información entregada por la DIT.
- Todos los equipos una vez realizada la instalación fueron probados su conectividad, sin presentar ningún problema en su funcionamiento.
- En base al cronograma presentado se finalizó la instalación en los tiempos establecidos.
- El servicio de telefonía VoIP genera un pequeño tráfico, por tanto, utiliza un pequeño ancho de banda, pero con un tráfico en tiempo real.
- Con los nuevos enlaces de fibra óptica se logró mejorar el servicio de comunicación.
- Con los enlaces de fibra óptica se mejoró las velocidades de transmisión entre equipos activos de comunicación y así poder dar un mejor servicio a cada uno de los pisos del edificio de administrativo.
- Además, con la propuesta sugerida se pudo retirar las conexiones en cascada de cable de cobre existente entre equipos activos, ya que esto representa un problema porque el ancho de banda cada vez se reduce significativamente con este tipo de conexión.

- Se instaló dentro de un servidor una herramienta open source (cacti) para el monitoreo del tráfico de red.

Recomendaciones:

- Se recomendó implementar el diseño propuesto, pues se consideró las necesidades propias de la red, garantizando la calidad en los servicios requeridos como indicadores establecidos por el CEAACES y la SENESCYT respecto a “conectividad” y “Acceso a usuarios”.
- Realizar respaldos frecuentes de la configuración de los switches, y firewall para que en caso de un fallo se pueda subir nuevamente la configuración en los equipos activos.
- Considerar el cableado estructurado, en cada uno de los pisos analizados, siguiendo las normas internacionales.
- Adquirir un equipo appliance para segmentar el ancho de banda por aplicaciones y poder aplicar políticas.

6. Bibliografía

Casner, S., Jacobson, V. (1999). Compressing IP/UDP/RTP Headers for Low-Speed Serial. Recuperado de: <https://tools.ietf.org/html/rfc2508>

Cisco (2017). Cisco Catalyst 3850 Series Switches Data Sheet. Recuperado de: <https://goo.gl/w1vTpU>, el 26 de septiembre de 2017

Cisco (2017). Cisco Catalyst 2960-L Serie Switches Enterprise Switches. Recuperado de: <https://goo.gl/tuy1CN>, el 10 octubre de 2017

Comer, D., Romero., A., Elizondo., V. (2015). Redes de computadoras, internet e interredes. México, D.F.: Pearson.

Doherty, J., Anderson, N., Della, M. (2009). Introducción a las redes Cisco. Madrid: Anaya Multimedia.

EsLaRed. Fundación Escuela Latinoamericana de Redes (2012). Gestión de Redes. Estadísticas de Red y Servidores con Cacti. Recuperado de: <https://goo.gl/wrAAhZ>

Heredia, L. (2015). Implementación de redes inalámbricas para integrar voz, datos y video. (Trabajo fin de máster). Universidad Técnica de Quevedo, Facultad de Ingeniería, Ecuador.

Joskowicz, J. (2013, agosto). Voz, video y telefonía sobre IP. Recuperado de: <https://goo.gl/Rb265e>

Instituto de Altos Estudios Nacionales. (2013). Aula Virtual. Recuperado de:
<http://educacionvirtual.iaen.edu.ec>, el 24 de septiembre de 2017

Instituto de Altos Estudios Nacionales. (2015). Sistema Académico y Administrativo.
Recuperado de: <http://siaad.iaen.edu.ec>, el 24 de septiembre de 2017

Santillán, J. (2013). Diseño de una infraestructura de telecomunicaciones que optimice el acceso a los servicios para el creciente tráfico de datos del campus la Dolorosa. (Trabajo de fin de máster). Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ingeniería, Ecuador.

Simmons, A. (2016). Commercial Building Telecommunications Cabling Standards.
Recuperado de: <http://www.tiaonline.org/>

7. Anexos Tablas

Anexo 1: Factor de uso para computadores de escritorio y portátiles.

Ubicación	Prestación de servicios		Número de PC			
	Red-fija	Red inalámbrica	PCs	Laptops	PC*Factor de uso	Laptops*Factor de uso
	de uso					
Piso-SBS	Por determinar	Por determinar	26	5	22,5	4,36
Piso-PB	Por determinar	Por determinar	12	2	22,75	1,75
Piso-1	Por determinar	Por determinar	34	21	34	21
Piso-2	Por determinar	Por determinar	13	0	11,37	0
Piso-3	Por determinar	Por determinar	14	1	12,25	0,88
Piso-4	Por determinar	Por determinar	25	3	21,86	2,63
Piso-5	Por determinar	Por determinar	45	12	39,38	10,5
Piso-6	Por determinar	Por determinar	35	10	30,63	8,88
Piso-7	Por determinar	Por determinar	9	2	7,88	1,75
Piso-8	Por determinar	Por determinar	2	2	1,75	1,75

Anexo2: Ancho de banda de internet para redes fija, e inalámbrica calculados en KBps y MBps

Ubicación	N° de PC's		Ancho de Banda-Red fija (usuarios totales)				Ancho de Banda-Red wifi (usuarios concurrentes)	
	PC	Laptop	PC*Factor de uso	Laptop*Factor de uso	Hora pico	Hora no pico	Hora pico	Hora no pico
	Alta KBps	Medio KBps	Aceptable KBps	Alta KBps	Medio KBps	Aceptable KBps	Alta KBps	Medio KBps
	Alta KBps	Medio KBps	Aceptable KBps	Alta KBps	Medio KBps	Aceptable KBps	Alta KBps	Medio KBps
	Alta KBps	Medio KBps	Aceptable KBps	Alta KBps	Medio KBps	Aceptable KBps	Alta KBps	Medio KBps
Piso-SBS	26	5	22,75	4,36	9256	4498	2249	8099
	1967,875	1780	865	432,5	1552,16	754,28	377,14	

Piso-PPB	12	2	22,75	1,75	4272	2076	1038	8099	3935,75	
	1967,875	712	346	173	623	302,75	151,375			
Piso-01	34	21	34	21	12104	5882	2941	12104	5882	2941 7476
	3633	1816,5	7476	3633	1816,5					
Piso-02	13	0	14,86	0	4628	2249	1124,5	5290,16		2570,78
	1285,39	0	0	0	0	0	0	0		
Piso-03	14	1	12,25	0,88	4984	2422	1211	4361	2119,25	
	1059,625		356	173	86,5	313,28	152,24	76,12		
Piso-04	25	3	21,86	2,63	8900	4325	2162,5	7782,16		3781,78
	1890,89		1068	519	259,5	936,28	454,99	227,495		
Piso-05	45	12	39,38	10,5	16020	7785	3892,5	14019,3		6812,74
	3406,37		4272	2076	1038	3738	1816,5	908,25		
Piso-06	35	10	30,63	8,88	12460	6055	3027,5	10904,3		5298,99
	2649,495		3560	1730	865	3161,28		1536,24		768,12
Piso-07	9	2	7,88	1,75	3204	1557	778,5	2805,28		1363,24
	681,62	712	346	173	623	302,75	151,375			
Piso-08	2	2	1,75	1,75	712	346	173	623	302,75	151,375
	712	346	173	623	302,75	151,375				
Total en KBps	76540	37195	18597,5		74087	36003	18001,515		20648	10034
	5017	19046	9255,5	4627,75						
Total en MBps	76,54	37,2	18,5975		74,087	36,003	18,001515		20,648	10,034
	5,017	19,046	9,2555	4,62775						

Anexo 3: Ancho de banda para internet en telefonía VoIP, con usuarios totales

Usuarios Totales

Ubicación	N° de Teléfonos VoIP		Alta Calidad (kBps)		Código G.711 y G.722 (kBps)	
	Código GSM (kBps)					
Piso-SBS	6	96	65,4	27,15		
Piso-Piso-PB	12	192	130,8	54,3		
Piso-1	0	0	0			
Piso-2	7	112	76,3	31,675		
Piso-3	9	144	98,1	40,725		

Piso-4	25	400	272,5	113,125
Piso-5	38	608	414,2	171,95
Piso-6	31	496	337,9	140,275
Piso-7	8	128	87,2	36,2
Piso-8	3	48	32,7	13,575
Total de Teléfonos			139	
Total en KBps	2224	1515,1	628,975	
Total en MBps	2,224	1,5151	0,628975	

Ancho de banda para internet en telefonía VoIP, con usuarios concurrentes

Usuarios Concurrentes

Ubicación	N° de Teléfonos VoIP		Alta Calidad (kBps)		Códec G.711 y G.722 (kBps)
	Códec GSM (kBps)				
Piso-SBS	2,4	38,4	26,16	10,86	
Piso-Piso-PB	4,8	76,8	52,32	21,72	
Piso-1	0	0	0	0	
Piso-2	2,8	44,8	30,52	12,67	
Piso-3	3,6	57,6	39,24	16,29	
Piso-4	10	160	109	45,25	
Piso-5	15,2	243,2	165,68	68,78	
Piso-6	12,4	198,4	135,16	56,11	
Piso-7	3,2	51,2	34,88	14,48	
Piso-8	1,2	19,2	13,08	5,43	
Total de Teléfonos		55,6			
Total en KBps	889,6	606,04	1495,64		
Total en MBps	0,8896	0,60604	1,49564		

Anexo 4: Ancho de banda para plataforma virtual calculados en KBps y MBps

Ubicación	Número de PCs		Ancho de Banda-Usuarios totales		Ancho de Banda-Usuarios concurrentes	
	PCs concurrentes en red WIFI	Laptops Promedio	Usuarios concurrentes en red fija		Usuarios	
			Red fija	Red wifi	Red fija	Red wifi
	Calidad alta- KBps	Calidad media	Calidad alta- KBps	Calidad media	Calidad alta- KBps	Calidad media
	Calidad aceptable	Calidad aceptable	Calidad aceptable	Calidad aceptable	Calidad aceptable	Calidad aceptable
Piso-SBS	26	5	5,2	0,25	10530	5330
	2106	1066	533	101,25	51,25	25,625
Piso-Piso-PB	12	2	2,4	0,4	4860	2460
	972	492	246	162	82	41
Piso-1	34	21	6,8	4,2	13770	6970
	1394	697	1701	861	430,5	
Piso-2	13	0	2,6	0	5265	2665
	533	266,5	0	0	0	0
Piso-3	14	1	2,8	0,2	5670	2870
	574	287	81	41	20,5	
Piso-4	25	3	5	0,6	10125	5125
	1025	512,5	243	123	61,5	
Piso-5	45	12	9	2,4	18225	9225
	1845	922,5	972	492	246	
Piso-6	35	10	7	2	14175	7175
	1435	717,5	810	410	205	
Piso-7	9	2	1,8	0,4	3645	1845
	369	184,5	162	82	41	
Piso-8	2	2	0,4	0,4	810	410
	82	41	162	82	41	
Total en kbps					87075	44075
	5945	17415	8815	4407,5	4394,25	22037,5
						2224,25
						1112,125
Total en MBps					87,075	44,075
	5,945	17,415	8,815	4,4075	4,39425	22,0375
						2,22425
						1,112125

Anexo 5: Ancho de banda para sistema académico y administrativo (SIAAD) calculados en KBps y MBps

Ubicación	Número de PCs			Ancho de Banda-Usuarios totales			Ancho de Banda-Usuarios concurrentes		
	PCs concurrentes en red WIFI	Laptops Promedio		Red fija	Red wifi	Red fija	Red wifi	Usuarios concurrentes en red WIFI	Usuarios concurrentes en red WIFI
	Calidad media	Calidad aceptable		Calidad media	Calidad aceptable	Calidad media	Calidad aceptable	Calidad media	Calidad aceptable
Piso-SBS	26	5	10,4	2	34796,58	17463,42	8796,58		
	6691,65	3358,35		1691,65	13918,632	6985,368			
	3518,632	2676,66		1343,34	676,66				
Piso-Piso-PB	12	2	4,8	0,8	16059,96	8060,04	4059,96		
	2676,66	1343,34		676,66	6423,984	3224,016	1623,984		
	1070,664	537,336		270,664					
Piso-1	34	21	13,6	8,4	45503,22	22836,78	11503,22		
	28104,93	14105,07		7104,93	18201,288	9134,712			
	4601,288	11241,972		5642,028	2841,972				
Piso-2	13	0	5,2	0	17398,29	8731,71	4398,29	0	
	0	0	6959,316	3492,684	1759,316	0	0	0	
Piso-3	14	1	5,6	0,4	18736,62	9403,38	4736,62		
	1338,33	671,67	338,33	7494,648	3761,352	1894,648			
	535,332	268,668		135,332					
Piso-4	25	3	10	1,2	33458,25	16791,75	8458,25		
	4014,99	2015,01		1014,99	13383,3	6716,7	3383,3		
	1605,996	806,004		405,996					
Piso-5	45	12	18	4,8	60224,85	30225,15	15224,85		
	16059,96	8060,04		4059,96	24089,94	12090,06			
	6089,94	6423,984		3224,016	1623,984				
Piso-6	35	10	14	4	46841,55	23508,45	11841,55		
	13383,3	6716,7	3383,3	18736,62	9403,38	4736,62			
	5353,32	2686,68		1353,32					
Piso-7	9	2	3,6	0,8	12044,97	6045,03	3044,97		
	2676,66	1343,34		676,66	4817,988	2418,012	1217,988		
	1070,664	537,336		270,664					
Piso-8	2	2	0,8	0,8	2676,66	1343,34	676,66	2676,66	
	1343,34	676,66	1070,664	537,336	270,664	1070,664			
	537,336	270,664							

Total en kbps	287740,95	144409,05	72740,95	77623,14	38956,86
	19623,14	115096,38	57763,62	29096,38	31049,256
	15582,744	7849,256			
Total en MBps	287,74095	144,40905	72,74095	77,62314	38,95686
	19,62314	115,09638	57,76362	29,09638	31,049256
	15,582744	7,849256			

Anexo 6a: Ancho de banda total para red fija calculados en KBps, MBps y Mbps

Anexo 6b: Ancho de banda total para red inalámbrica calculados en KBps, MBps y Mbps

Anexos fotográficos

Las tres primeras fotografías corresponden al año 2016, el resto es referente a los cambios realizados en 2017.

Fotografía 1: Equipos de networking (switch core 3560) en el Data Center en 2016.

Fotografía 2: Salida de enlace cable UTP-Cat5e desde el Data Center en 2016.

Fotografía 3: Siwtch de acceso que hacía de backbone en el rack del piso dos en 2016.

Fotografía 4: Equipos de networking (switch core 3850-24P) en 2017 en el Data Center.

Fotografía 5: Siwtch de distribución catalyst 3850-12S que sirve de backbone en rack del subsuelo en 2017.

Fotografía 6: Paso de la fibra óptica por escalerilla en cada piso.

Fotografía 7: Colocación de la fibra óptica en el ODF luego de fusionarse.

Fotografía 8: Equipo de seguridad perimetral instalado en el Data Center.